

BERICHTE AUS DEM  
INSTITUT FÜR  
UMFORMTECHNIK UND  
UMFORMMASCHINEN  
UNIVERSITÄT HANNOVER

**IFUM**  
PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Ing. Christoph Westerkamp,  
Wermelskirchen

# **Präzisionsschmieden verzahnter Antriebs- elemente am Beispiel schrägverzahnter Zahnräder**

Fortschritt-Berichte VDI  
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **427**

# INHALTSVERZEICHNIS

	<b>Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen</b>	<b>VII</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>2</b>
2.1	Umformverfahren zur Herstellung von Verzahnungen	3
2.1.1	Walzen	3
2.1.2	Fließpressen	5
2.1.3	Gesenkschmieden	10
2.2	Bewertung der spanlosen Zahnradherstellverfahren	12
<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Aufgabenstellung</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Präzisionsschmieden schrägverzahnter Stirnräder</b>	<b>17</b>
4.1	Konstruktion der Werkzeugtechnologie	17
4.1.1	Anordnung und Funktionsweise der formgebenden Werkzeuge	19
4.1.2	Ausstoßmechanismus	21
4.1.3	Werkzeugsystem	22
4.1.4	Definitionen und Festlegungen	23
4.2	Auslegung des Werkzeugsystems	23
4.2.1	Auslegung der Schließplattenkraft	25
4.2.2	Ansatz zur Berechnung der Ausstoßkraft	25
4.3	Schmiedeversuche	31
4.3.1	Versuchseinrichtung	31
4.3.2	Versuchsprogramm	32
4.4	Versuchsergebnisse	33
4.4.1	Formfüllung und Gratbildung	33
4.4.2	Werkzeugverhalten	34
4.4.3	Prozeßkenngrößen	34
4.5	Beurteilung der Bauteilqualität	36
4.5.1	Verzahnungsgenauigkeit	37
4.5.2	Zahnradinnenbohrung	39
4.5.3	Oberflächenqualität	39

---

4.6	Vorgehensweise zur Optimierung der Zahnradqualität	40
4.6.1	Werkzeugkorrektur	40
4.6.2	Einflußgrößen auf die Zahnradqualität	43
4.6.2.1	Ausstoßvorgang	43
4.6.2.2	Fertigungsgenauigkeit der formgebenden Matrize	44
4.6.2.3	Umformprozeß	46
4.6.2.4	Zunderbildung	47
4.6.2.5	Masse und Temperatur des Rohteiles	48
4.7	Variation des Werkzeugaufbaus	51
<b>5</b>	<b>Übertragung der Werkzeugtechnologie auf komplexe Schrägverzahnungen</b>	<b>54</b>
5.1	Präzisionsschmieden eines schrägverzahnten Zwischenrades	54
5.2	Präzisionsschmieden eines schrägverzahnten Lenkungsritzels	55
<b>6</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich ihrer industriellen Anwendung</b>	<b>59</b>
6.1	Schmiedeteilgeometrie	59
6.2	Rohteil	61
6.3	Werkzeug und Maschine	62
6.4	Prozeßführung und Prozeßüberwachung	64
6.5	Spanende Nachbearbeitung geschmiedeter Zahnräder	65
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>Bildanhang</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>140</b>